

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Suseno dan Darminto, yang bertujuan untuk mendapatkan perbedaan antara struktur mikro dari hasil uji foto SEM-EDX sehingga kemudian dapat ditentukan struktur mikro terbaik campuran tersebut akibat perbedaan tekanan yang diberikan. Sehingga dapat diketahui sifat fisis dan ikatan yang terjadi antara kedua serbuk Aluminium dan Magnesium. Penelitian dilakukan dengan mencampurkan 60% Aluminium dan 40% Magnesium dengan cara pencampuran basah dalam larutan n-butanol. Campuran tersebut kemudian diaduk dengan menggunakan magnetic stirrer selama 1 jam sampai media mengering. Setelah kering dilanjutkan dengan proses kompaksi dengan variasi tekanan 15, 20 dan 28 MPa pada temperature kamar.[6]

Penelitian tentang variasi tekanan dalam proses metalurgi serbuk dan pengaruhnya pada modulus elastisitas bahan komposit Al- SiC. Penelitian dilakukan dengan menggunakan bahan serbuk Al dan SiC, di mana Al sebagai matrik dan SiC sebagai penguat yang dipilih dengan 3 ukuran derajat kehalusan yakni 180, 220 dan 320 mesh. Variabel yang digunakan adalah kompaksi dengan gaya kompresi sebesar 15, 20 dan 25 kilonewton (kN). Penekanan dilakukan di lingkungan atmosfer dan dilanjutkan pra-sinter dan proses sinter dalam vakum (10^{-3} mbar). Fraksi volume penguat yang digunakan dalam eksperimen ini : 10% , 15% dan 20%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan komposit yang tersusun dari serbuk Al sebagai matriks

dan serbuk SiC sebagai penguat dapat dibentuk dengan baik, yang ditunjukkan oleh terjadinya ikatan permukaan antar kedua jenis partikel yang bersangkutan. Kompaksi dengan tekanan di atas kekuatan luluh Al menyebabkan penurunan kualitas ikatan permukaan, sebagai akibat terjebaknya gas dan bahan pelumas yang digunakan dalam proses fabrikasi. Gaya kompresi sebesar 15 kN menghasilkan kualitas ikatan permukaan yang terbaik, terbukti dengan nilai modulus Young yang terletak di antara batas upper dan lower bound. [1]

Hasil analisa terhadap *green density* menunjukkan nilai kerapatan yang meningkat seiring dengan peningkatan tekanan kompaksi yang diberikan. Hal ini terjadi karena saat kompaksi berlangsung, seluruh partikel mengalami perpindahan yang mengakibatkan luas kontak permukaan akan semakin lebih baik. Pengaruh tekanan yang diberikan pada campuran Al-Mg juga menyebabkan peristiwa interlocking antara kedua serbuk yang terjadi di daerah batas butir.[6]

Penelitian lain yang membahas tentang pengaruh SiC terhadap sifat fisis dan mekanis komposit Aluminium yang diperkuat serbuk SiC, yang bertujuan untuk mengetahui sifat fisis dan mekanis pada komposit Al-SiC dilakukan dengan beberapa pengujian, yaitu uji densitas, porositas, kekerasan, bending dan struktur mikro. Penelitian dilakukan dengan metode stir casting, metode ini yaitu paduan (matrik) dilebur dan diaduk kemudian ditambahkan bahan penguat hingga bahan penguat tersebar secara merata. Dan untuk meningkatkan wetability pada paduan logam dengan penguatnya, teknik yang digunakan, yaitu dengan cara pengadukan pada saat logam cair berada pada fasa semisolid. Penelitian ini difokuskan pada

variasi persen berat serbuk SiC 0%, 5%, 7,5%, dan 10%. Untuk mengetahui sifat fisis dan mekanis pada komposit Al-SiC dilakukan beberapa pengujian, yaitu uji densitas, porositas, kekerasan, bending dan struktur mikro.

Hasil dari pengujian menunjukkan nilai densitas tertinggi terdapat pada persen berat SiC 0% sebesar 2,69 gr/cm³, terendah pada SiC 10% sebesar 2,64 gr/cm³. Perhitungan porositas menunjukkan nilai porositas tertinggi terdapat pada persen berat SiC 10% sebesar 3,7%. Hasil uji kekerasan tertinggi pada persen berat SiC 10% sebesar 72,3 HRB dan hasil uji bending dengan nilai kekerasan tertinggi pada persen berat SiC 10% sebesar 370,5 MPa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sifat mekanis meningkat seiring dengan peningkatan persentase serbuk SiC sampai 10%. [7]

2.2 Material Komposit

Menurut Matthews & Rawlings (1994) Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda. Material komposit tersusun atas 2 (dua) bagian yang berbeda, yaitu matriks yang merupakan fasa utama dan berfungsi sebagai pengikat dan pendistribusi beban ke penguat, sedangkan penguat (*reinforcement*) adalah fasa yang kedua yang memiliki fungsi untuk meningkatkan sifat-sifat mekanik pada material komposit. [8]

Secara garis besar ada 3 macam jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakannya, yaitu :

1. *Fibrous Composites* (Komposit Serat) merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu laminat atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat atau fiber. Fiber yang digunakan bisa berupa glass fibers, carbon fibers, aramid fibers (poly aramide), dan sebagainya. Fiber ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman.
2. *Laminated Composites* (Komposit Laminat) merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.
3. *Particulate Composites* (Komposit Partikel) merupakan komposit yang menggunakan partikel/serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya.

Sedangkan berdasarkan matriksnya, komposit dapat dibedakan menjadi 3 macam jenis, yaitu:

1. *Ceramic Matrix Composites* (CMCs), yaitu dengan matriks dari bahan keramik.
2. *Polimer Matrix Composites* (PMCs), yaitu jenis komposit dengan matriks dari bahan polimer.

Metal Matrix Composites (MMCs), yaitu komposit yang memiliki matriks berupa logam.[9]

Jenis komposit yang digunakan adalah komposit matriks logam dengan penguat partikel/serbuk. *Metal matrix composites* (MMCs) adalah material yang terdiri dari matriks berbahan logam. Sifat komposit tergantung dari beberapa faktor yang mempengaruhinya diantaranya jenis material penyusun komposit yang digunakan, fraksi penguat, dimensi dan bentuk penguat serta beberapa variabel proses lainnya. Bahan matriks umumnya adalah aluminium dan paduannya, magnesium dan paduannya serta logam lainnya sesuai kebutuhan.

Salah satu jenis komposit matriks logam yang banyak dikembangkan industri otomotif dewasa ini adalah komposit yang matriksnya berupa logam (MMC/*metal matrix composite*) yaitu komposit yang bematrks aluminium (AMC/ *aluminium matrix composite*). Matriks yang digunakan dalam AMC dapat berupa Al murni dan atau paduan Al seperti Al-Si, Al-Cu, Al seri 1xxx, 2xxx, dan jenis lainnya. Pemakaian bahan aluminium dan atau paduannya sebagai matriks karena memiliki sifat sangat menarik yaitu densitas rendah, memiliki kemampuan untuk dikuatkan dengan pengendapat presipitat, ketahanan korosi sangat baik, konduktifitas panas dan listrik tinggi. AMC dapat menghasilkan karakteristik mekanik yang bervariasi tergantung dari jenis paduannya. Pada *metal matrix composite*., umumnya menggunakan penguat berbentuk partikel atau serbuk. Dalam struktur komposit, bahan penguat yang tersusun dari bahan berbentuk partikel atau serbuk disebut bahan komposit partikel (*particulate composite*). Bahan komposit partikel pada umumnya digunakan sebagai penguat bahan komposit matriks keramik (*ceramic matrix composites*) maupun bahan komposit matriks logam (*metal matrix composite*).[10]

Keuntungan dari komposit yang disusun oleh penguat berbentuk partikel adalah kekuatannya lebih seragam pada berbagai arah dan dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan meningkatkan kekerasan material. Proses produksi pada komposit yang disusun oleh penguat berbentuk partikel dilakukan dengan metode metalurgi serbuk.

2.3 Metalurgi Serbuk

Metalurgi serbuk merupakan proses pembuatan serbuk dan benda jadi dari serbuk logam atau paduan logam dengan ukuran serbuk tertentu tanpa melalui proses peleburan. Energi yang digunakan dalam proses ini relative rendah sedangkan keuntungan lainnya antara lain hasil akhirnya dapat langsung disesuaikan dengan dimensi yang diinginkan yang berarti akan mengurangi biaya permesinan dan bahan baku yang terbuang. Yang menjadi masalah utama untuk memanfaatkan hasil serbuk tersebut adalah perlakuan-perlakuan terhadap serbuk logam tersebut dengan sebaik-baiknya, sehingga menjadi sebuah benda yang mempunyai nilai yang tinggi. [11]

Secara umum, langkah-langkah dasar pada proses pembuatan komponen dengan metode metalurgi serbuk adalah sebagai berikut :

1. Pencampurn serbuk
2. Kompaksi (Pemadatan)
3. *Sintering*
4. *Finishing*

2.3.1 Pencampuran Serbuk

Pencampuran (*mixing*) merupakan perlakuan yang diberikan terhadap serbuk dari beberapa jenis komposisi material yang berbed untuk mendapatkan campuran baru yang merata. Selama proses pencampuran, mungkin saja terjadi kontaminasi dan kemungkinan lainnya terhadap campuran yang merugikan terhadap hasil produk atau proses selanjutnya. Proses pencampuran serbuk dapat dilakukan dalam kondisi kering (*dry mixing*) ataupun dalam kondisi basah (*wet mixing*). proses pencampuran serbuk logam dengan bahan pengikat yang sesuai untuk menghasilkan penyisihan penyisihan bahan pengikat (*debinding*) dan yang terakhir adalah pesinteran untuk menyatukan partikel-partikel serbuk.[12]

2.4 Kompaksi

Menurut Rusianto (2009) , Proses kompaksi adalah suatu proses pembentukan logam dari serbuk logam dengan mekanisme penekanan setelah serbuk logam dimasukkan ke dalam cetakan (*die*). Proses kompaksi pada umumnya dilakukan dengan penekanan satu arah dan dua arah. Pada penekan satu arah penekan atas bergerak kebawah. Sedangkan pada dua arah, penekan atas dan penekan bawah saling menekan secara bersamaan dalam arah yang berlawanan. Jenis dan macam produk yang dihasilkan oleh proses metalurgi serbuk sangat ditentukan proses kompaksi dalam membentuk serbuk dengan kekuatan yang baik.[13]

Bahan bahan dengan kekerasan rendah, seperti aluminium, kuningan, dan perunggu memerlukan tekanan pemadatan yang rendah. Bahan-bahan dengan

kekerasan tinggi seperti besi, baja, dan nikel paduan memerlukan tekanan pemadatan yang tinggi[14]. Pekerjaan yang paling penting dalam pembuatan metalurgi serbuk adalah pembuatan metalurgi serbuk adalah pembuatan kompaksi (*compacting/Pressing*). Factor yang selalu menjadi bahan pertimbangan dapat atau tidaknya dikompaksikan adalah mampu tekan (*compressibility*) dan mampu kompaksi adalah ukuran untuk memperkirakan yang mana sebuah massa serbuk dapat dipadatkan dengan penerapan tekanan. *Compressibility* dari serbuk merupakan factor utama dalam mendesain.[15]

Menurut Nugraha (2010) , kemampuan suatu serbuk logam untuk dikompaksi dengan efektif dan menghasilkan bakalan dipengaruhi oleh karakteristik serbuk awal. Karakteristik dasar serbuk tersebut yang akan mempengaruhi sifat bakalan hasil kompaksi adalah sebagai berikut :

- Ukuran Partikel Serbuk

Ukuran partikel ini dapat didefinisikan sebagai ukuran linier partikel oleh analisa ayak. Ukuran partikel akan berpengaruh terhadap porositas dan densitas bakalan serta sifat mekanisnya. Ukuran partikel juga akan menentukan stabilitas dimensi, pelepasan gas yang terperangkap dan karakteristik selama pencampuran. Semua halus ukuran serbuk partikel, maka akan semakin besar jenis bakalan (*green density*) tersebut.

- Bentuk partikel serbuk

Bentuk partikel serbuk merupakan faktor penting yang mempengaruhi sifat massa serbuk, seperti efisiensi pemadatan (*packing efficiency*), maka alir (*flowability*), dan

mampu tekan (*compressibility*). Bentuk partikel dapat memberikan informasi mengenai proses fabrikasi serbuk dan membantu menjelaskan karakteristik proses. Bentuk partikel serbuk akan mempengaruhi luas permukaan serbuk dan gesekan antarpartikel serbuk. Hal ini akan mempengaruhi perpindahan serbuk ketika dilakukan penekanan pada saat proses kompaksi.

- Mampu Alir (*Flowability*) Serbuk

Mampu alir serbuk merupakan karakteristik yang menggambarkan sifat alir serbuk dan kemampuan serbuk untuk memenuhi ruang cetakan. Karakteristik serbuk seperti berat jenis (*apparent density*) seringkali dihubungkan dengan gesekan antar partikel. Pada umumnya faktor-faktor yang mengurangi gesekan antarpartikel atau meningkatkan berat jenis (*apparent density*), seperti partikel bulat dan halus, akan meningkatkan alir serbuk.

- Mampu Tekan (*Compressibility*)

Mampu tekan serbuk merupakan perbandingan volume serbuk mula-mula dengan volume benda yang ditekan yang nilainya berbeda-beda tergantung distribusi ukuran serbuk dan bentuk butirnya. Besarnya mampu tekan serbuk dapat dipengaruhi oleh efek gesekan antarpartikel. Serbuk yang memiliki bentuk lebih teratur, lebih halus, dan sedikit porositas antarpartikel akan memiliki mampu tekan dan *green density* yang lebih tinggi dibandingkan serbuk yang kasar.[16]

Pada saat kompaksi, terdapat beberapa tahapan yang terjadi pada serbuk, yaitu :

- Penata ulangan Partikel Serbuk (*Rearrangement*)

Pada saat dimulai penekanan, serbuk mulai mengalami penyesuaian letak pada tempat-tempat yang lebih luas atau dengan kata lain belum terjadi deformasi pada partikel serbuk tersebut. Penggerakan dan pengaturan kembali partikel-partikel serbuk akibat adanya penekanan menyebabkan partikel serbuk tersusun lebih rata. Gerakan penyusunan kembali partikel ini dibatasi oleh adanya gaya gesek antar partikel. Atau antara dengan permukaan cetakan permukaan penekanan dan inti. Penggerakan partikel cenderung terjadi didalam massa serbuk pada tekanan yang relatif rendah sehingga kecepatan penekanan yang rendah akan memberikan kesempatan pada partikel untuk membentuk susunan yang terpadat

- Deformasi Elastis Partikel Serbuk

Pada tahap ini serbuk mulai bersentuhan dan apabila penekanan dihentikan, maka serbuk akan kembali ke bentuk semula. Umumnya deformasi elastis dapat dilihat dengan dimensi bakalan yang sedikit membesar saat dikeluarkan dari cetakan. Kecenderungan deformasi elastis meningkat dengan menurunnya nilai modulus elastisitas.

- Deformasi Plastis Partikel Serbuk

Deformasi plastis merupakan bagian terpenting dari mekanisme pemadatan (*densification*) selama kompaksi berlangsung. Pada tahap ini, semakin tinggi tekanan kompaksi yang diberikan akan menyebabkan semakin meningkatnya

derajat deformasi plastis dan pemadatan yang terjadi. Ada beberapa factor yang menentukan deformasi plastis, antara lain kekerasan dan perpindahan tegangan antar partikel yang berdekatan dan terjadi peningkatan nilai kekerasan.

- Penghancuran Partikel Serbuk

Setelah serbuk mengalami deformasi plastis, serbuk mengalami *mechanical interlocking* (antar butir saling mengunci). Mekanisme ini disebut ikatan *cold weld* yaitu ikatan antara dua permukaan butiran logam yang bersih yang ditimbulkan oleh gaya kohesi, tidak ada peleburan atau pengaruh panas. Pada umumnya permukaan serbuk akan teroksidasi, namun dibawah permukaan oksida terdapat permukaan yang bersih oleh karena itu, diperlukan pemecahan lapisan oksida sebelum terjadi *cold weld*. Ketika serbuk ditekan, berat jenis serbuk naik, porositas menurun karena rongga berkurang. Selain itu, serbuk juga mengalami distribusi berat jenis yang tidak merata, pada bagian atas (dekat *punch*) berat jenis serbuk lebih besar dibandingkan pada bagian tengah.[16]

2.5 Sintering

Menurut Masrukan , proses sintering adalah pemanasan material/bahan yang dipanaskan dibawah titik lelehnya sehingga serbuk logam akan memadu karena adanya mekanisme transformasi massa akibat difusi dari atom-atom di permukaan serbuk [17]. Selama proses sinter terbentuklah batas-batas butir, yang merupakan tahap permulaan rekristalisasi. Ikatan yang terjadi dalam proses sintering akan

meningkatkan kepadatannya (*density*) serta sifat mekanis produk akhir seperti kekerasan dan kekuatannya. Proses sinter dilakukan di dalam dapur yang tertutup untuk mencegah pengaruh dari suasana lingkungan di sekeliling dapur yang dapat bereaksi dengan bakalan[18] Temperatur sinter yang digunakan adalah temperatur sinter dari matriks komposit tersebut, yaitu sekitar 70-90% dari temperature lelehya. Untuk material Aluminium 1050 yang memiliki titik leleh sekitar 650 °C, maka temperature sinternya adalah berkisar antara 455 °C sampai 585 °C.

Proses sinter dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut ini adalah faktor-faktor yang mempengaruhi hasil dari proses sinter.

- Pengaruh Temperatur Sinter

Temperatur sangat mempengaruhi perpindahan massa pada proses sinter karenan dengan meningkatnya temperatur sinter, akan mendorong terjadinya *interdiffusion* dari serbuk hasil kompaksi (*green compact*) dan meningkatkan kepadatan produk hasil proses sinter. Sehingga, dengan semakin meningkatnya temperatur sinter, semakin meningkat pula sifat mekanis bakalan yang telah dilakukan proses sinter.[16]

- Waktu Tahan Sinter

Semakin lama waktu tahan yang diberikan maka akan diperoleh nilai sinter density yang semakin tinggi, porositas yang semakin kecil, kekerasan yang semakin tinggi, kekuatan tekan yang semakin tinggi dan modulus elastisitas yang semakin tinggi.

- **Atmosfer Sinter**

Penggunaan atmosfer sinter bertujuan untuk mengontrol atau melindungi logam dari oksida selama proses sinter berlangsung. Gas-gas yang tidak diinginkan dalam atmosfer sinter tidak hanya dapat bereaksi pada permukaan luar bakalan saja, tetapi juga dapat berpenerasi ke struktur pori dan bereaksi ke dalam permukaan bakalan. Terdapat enam jenis atmosfer yang dapat digunakan untuk melindungi bakalan, yakni hidrogen, amoniak, gas inert, nitrogen, vakum dan gas alam.

Pengontrolan atmosfer merupakan hal yang cukup penting selama proses sinter berlangsung. Namun bukan hanya atmosfer yang dapat menyebabkan terjadinya reaksi kimia, tetapi juga serbuk yang telah dikompaksi biasanya terkontaminasi oleh oksida-oksida, karbon, dan gas-gas yang terperangkap, sehingga ketika dilakukan pemanasan terjadi perubahan komposisi atmosphere sinter.

2.5.1 Tahapan Proses Sinter

Pada proses sinter, beberapa tahapan yang dialami oleh partikel-partikel serbuk pada proses sinter adalah sebagai berikut :

- **Pengaturan Kembali**

Pada awal tahap ini, partikel lepas membentuk kontak dengan partikel lainnya pada orientasi acak. Tahap adbesi terjadi secara spontan dengan pembentukan ikatan sinter yang baru dimulai. Kekuatan ikatan kontak yang terjadi masih lemah dan belum terjadi perubahan dimensi bakalan. Semakin tinggi berat

jenis bakalan maka bidang kontak yang terjadi antar partikel juga semakin banyak sehingga ikatan yang terjadi pada proses sinter pun semakin besar. Pengotor yang menempel pada batas kontak mengurangi jumlah bidang kontak sehingga kekuatan produk sinter juga menurun.

- *Initial Stage*

Pada tahap ini, pada daerah kontak antar partikel terjadi perpindahan massa yang menyebabkan terjadinya pertumbuhan leher. Pada tahap ini pula pori-pori mulai terpisah karena titik kontak membentuk batas butir. Selain itu, terjadi pula penyusutan (*shrinkage*), pengurangan luas permukaan dan pemadatan.

- *Intermediate Stage*

Tahap ini merupakan tahap terpenting dalam penentuan terhadap pemadatan (densifikasi) dan sifat mekanik bakalan sinter. Tahap ini ditandai dengan proses pemadatan, pertumbuhan butir dan struktur pori menjadi halus. Geometri batas butir dan pori yang terjadi pada tahap ini tergantung pada laju proses sinter. Mulanya, pori terletak pada bagian batas butir yang memberikan struktur pori, sedangkan pemadatan yang terjadi pada tahap ini diikuti oleh difusi volume dan difusi batas butir. Semakin tinggi temperature dan waktu tahan sinter serta semakin kecil partikel serbuk, maka laju katan dan denifikasi yang terjadi juga semakin tinggi.

- *Final Stage*

Pada tahap ini proses berjalan lambat. Pori-pori yang bulat menyusut dengan adanya mekanisme difusi ruah (*bulk diffusion*). Untuk pori yang berada di batas butir, sudut dihedral yang kecil menyebabkan gaya menjadi besar. Setelah batas butir meluncur, pori akan berdifusi ke batas butir sehingga mengalami penyusutan, dimana proses ini berlangsung lambat. Dengan waktu pemanasan yang berlangsung lama, pengkasaran pori akan menyebabkan ukuran pori rata-rata meningkat, sedangkan jumlah pori akan berkurang. Jika pori memiliki gas yang terperangkap, maka kelarutan gas dalam matriks akan mempengaruhi laju pengurangan pori.

2.5.2 *Solid State Sintering*

Solid state sintering merupakan jenis proses sinter dimana proses pemanasan (sinter) yang dilakukan hanya melibatkan fasa padat dan tidak terjadi pencairan dari partikel (tidak melibatkan fasa cair). Dalam proses sinter ini terjadi perpindahan massa, mekanisme perpindahan massa ini terdiri dari dua tahap, yaitu:

- Transport Permukaan (*surface Transport*)

Transport permukaan menghasilkan pertumbuhan leher tanpa terjadiperubahan jarak antar partikel (tidak ada penyusutan dan densifikasi) karena massa mengalir dan berakhir pada permukaan partikel. Difusi permukaan dan penguapan kodensasi merupakan kontribusi penting selama sinter transport permukaan.

- Transport Ruah (*Bulk Transport*)

Transport ruah melibatkan difusi volume, difusi batas butir, aliran plastis, dan aliran rekat. Aliran plastis biasanya penting hanya selama waktu pemanasan, terutama untuk serbuk yang telah dikompaksi, dimana berat jenis dislokasi awal tinggi. Lain halnya dengan material *amorphous* seperti polimer dan gelas, yang di sinter dengan aliran rekat, diman partikel-partikelnya bersatu tergantung pada ukuran partikel dan sifat merekat material. Pembentukan aliran rekat juga memungkinkan untuk logam dengan fasa cair pada batas butir. Difusi batas butir penting untuk densifikasi material kristalin.[16]

2.6 Aluminium

Aluminium merupakan unsur kimia golongan III A dalam sistem periodik unsur, dengan nomor atom 13 dan berat atom 26,98 gram/mol. Aluminium merupakan logam dengan densitas rendah, yaitu berkisar $2,7\text{g/m}^3$. Sebagai logam, aluminium juga memiliki titik lebur yang rendah, yaitu sekitar $680\text{ }^{\circ}\text{C}$. Aluminium juga tidak bepijar ketika melebur, berbeda dengan baja yang bepijar menjadi merah ketika melebur. Aluminium murni memiliki warna fisik putih ke abu-abuan. Struktur kristal aluminium adalah fcc, sehingga aluminium tetap ulet meskipun pada temperatur sangat rendah, sifat ulet tersebut menyebabkan aluminium memiliki sifat bentuk yang baik. Aluminium juga memiliki ketahanan korosi yang baik. Sifat tahan korosi tersebut diperoleh dari terbentuknya lapisan oksida aluminium yang kuat, rapat dan stabil yang melekat pada permukaan aluminium tersebut, sehingga melindungi bagian dalamnya. Namun, lapisan oksida aluminium tersebut selain memiliki manfaat

untuk menahan korosi juga memiliki dampak negatif, yaitu menjadikan aluminium sulit untuk dilas dan juga di solder. Selain itu, aluminium juga memiliki kekurangan yaitu pada tingkat kekuatan dan kekerasannya yang rendah.

Aluminium dapat dipadukan dengan unsur lain untuk memperbaiki sifat-sifat dari aluminium yang kurang baik tersebut. Secara garis besar, paduan aluminium dibedakan menjadi dua jenis, yaitu paduan aluminium cor dan paduan aluminium tempa. Paduan aluminium juga dikelompokkan berdasarkan unsur paduannya, yang dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut ini.

<i>Designation</i>	<i>Wrought</i>	<i>Cast</i>
<i>Aluminium, 99.00% minimum and greater</i>	<i>1xxx</i>	<i>1xx.x</i>
<i>Aluminium alloy grouped by major alloying elements:</i>		
<i>Copper</i>	<i>2xxx</i>	<i>2xx.x</i>
<i>Manganese</i>	<i>3xxx</i>	-
<i>Silicon, with added copper and/or magnesium</i>	-	<i>3xx.x</i>
<i>Silicon</i>	<i>4xxx</i>	<i>4xx.x</i>
<i>Magnesium</i>	<i>5xxx</i>	<i>5xx.x</i>
<i>Magnesium and silicon</i>	<i>6xxx</i>	-
<i>Zinc</i>	<i>7xxx</i>	<i>7xx.x</i>
<i>Tin</i>	-	<i>8xx.x</i>
<i>Other element</i>	<i>8xxx</i>	<i>9xx.x</i>
<i>Unused series</i>	<i>9xxx</i>	<i>6xx.x</i>

Tabel 2.1 Paduan Aluminium berdasarkan unsur paduannya

Pada penelitian ini, bahan yang digunakan adalah aluminium 1050 yang sudah berbentuk serbuk. Sesuai klasifikasi yang telah disebutkan diatas, Al 1050 merupakan jenis aluminium murni dengan kandungan minimal aluminium 99,0%. Aluminium dalam seri ini memiliki kekuatan dan kekerasan yang rendah, tetapi baik dalam menahan korosi. Karakteristik Aluminium 1050 ditunjukan pada tabel 2.2 berikut ini :

<i>Property</i>	<i>Value</i>
<i>Density</i>	2.71 kg/m ³
<i>Melting Point</i>	650 °C
<i>Modulus of Elasticity</i>	71 GPa
<i>Electrical Resistivity</i>	0.0282x10 ⁻⁶ Ω.m
<i>Thermal Conductivity</i>	222 W/m.K
<i>Thermal Expansion</i>	24x10 ⁻⁶ /K

Tabel 2.2 Karakteristik Aluminium 1050

2.7 Silikon Karbida (*Silicone Carbide*)

Silikon karbida atau juga dikenal dengan carborundum adalah suatu turunan senyawa silikon dengan rumus molekul SiC, terbentuk melalui ikatan kovalen antara unsur Si dan C [19]. Silikon karbida merupakan salah satu material keramik non-oksida paling penting, dihasilkan pada skala besar dalam bentuk bubuk (powder), bentuk cetakan, dan lapisan tipis. Teknik untuk membentuk bubuk SiC menjadi bentuk keramik dengan menggunakan agen pengikat, kemudian memberi pengaruh yang besar terhadap nilai komersial SiC. Komposisi silikon karbida dapat dilihat ditabel 2.3 berikut ini :

<i>Physical/Mechanical</i>	<i>SI Units</i>	<i>Values</i>
<i>Density</i>	g/m ³	3.1
<i>Porosity</i>	%	0
<i>Colour</i>	-	Black
<i>Flexural strength</i>	Mpa	550
<i>Elastic Modulus</i>	Gpa	410
<i>Shear Modulus</i>	Gpa	-
<i>Bulk Modulus</i>	Gpa	-
<i>Poisson's ratio</i>	-	0.14
<i>Compressive strength</i>	Mpa	3900
<i>Hardness</i>	Kg/mm ²	2800
<i>Fracture toughness</i>	MPa m ^{1/2}	4.6
<i>Max use temperature</i>	°C	1650
<i>Thermal Properties</i>	<i>SI Units</i>	<i>Values</i>
<i>Thermal Conductivity</i>	W/m °K	120
<i>Coefficient of Thermal Expansion</i>	10 ⁻⁶ / °C	4.0
<i>Specific heat</i>	J/Kg °K	750
<i>Electrical</i>	<i>SI Units</i>	<i>Values</i>
<i>Volume Resistivity</i>	Ohm cm	10 ² -10 ⁶

Tabel 2.3 Komposisi Silikon Karbida

Sekarang ini, SiC merupakan salah satu material yang memiliki kegunaan yang besar dan memiliki peranan penting dalam berbagai industri seperti industri penerbangan dan angkasa, elektronik, industri tanur, dan industri-industri komponen mekanik berkekuatan tinggi. Umumnya, industri metalurgi, abrasif dan refraktori juga merupakan pengguna SiC dalam jumlah paling besar.[19]

2.8 Pengujian Kekerasan

Pada umumnya, kekerasan menyatakan ketahanan terhadap deformasi dan untuk logam dengan sifat tersebut merupakan ukuran ketahanannya terhadap deformasi plastis atau deformasi permanen. Deformasi adalah perubahan bentuk suatu material. Deformasi plastis kemungkinan terjadi pada permukaan benda/material yang lunak, sedangkan deformasi permanen kemungkinan terjadi pada

permukaan benda/material yang lebih keras [20]. Kekerasan suatu material berhubungan sangat erat dengan kekuatannya. Dengan mengetahui nilai kekerasan suatu material, maka akan dapat diperoleh gambaran tentang kekuatan material tersebut.

Kekerasan adalah kemampuan bahan menahan penetrasi/penusukan/goresan dari bahan lainnya (biasanya bahan pembanding standar/intan) sampai terjadi deformasi tetap. Pengujian kekerasan dapat dilakukan dengan berbagai metode antara lain :

- Pengujian kekerasan Brinell dilaksanakan oleh alat uji Brinell dengan memakai penetrator (identor) bola baja yang dikeraskan.
- Prinsip pengujian Vickers sama seperti pengujian Brinell. Dimana identor ditusukan/ditekan terhadap benda uji dengan beban tertentu sampai menghasilkan tapak/bekas penekanan yang permanen.
- Pengujian Rockwell berbeda prinsip dengan pengujian kekerasan Brinell dan Vickers. Pada pengujian Rockwell kekerasan bahan ditentukan berdasarkan dalamnya penembusan yang terjadi akibat penekanan identor. Dalamnya penembusan tersebut kemudian diterjemahkan sebagai kekerasan bahan menurut skala Rockwell setelah dimanipulasi dengan bilangan tertentu.

Identor yang dipakai yaitu bola baja yang dikeraskan dengan diameter 1/16 inci dan kerucut intan dengan sudut puncak 120 °. Kedua identor ini dipakai untuk menguji berbagai jenis bahan dengan ketentuan yang diatur oleh skala yang berjumlah 16, akan tetapi yang paling banyak dipakai hanya tiga skala

saja yakni skala A, B dan C sehingga masing-masing disebut pengujian Rockwell A, B dan C, ketiganya dianggap sudah dapat mewakili keseluruhan skala yang ada. Pengujian kekerasan dengan metode Rockwell ini diatur berdasarkan standar DIN 50103[21]. Adapun standar kekerasan metode pengujian Rockwell ditunjukkan pada tabel 2.4 sebagai berikut :

Skala	Penekan	Beban			Skala Kekerasan	Warna Angka
		Awal	Utama	Jumlah		
A	Kerucut intan 120 °	10	50	60	100	Hitam
B	Bola baja 1,558 mm (1/16")	10	90	100	130	Merah
C	Kerucut intan 120 °	10	140	150	100	Hitam
D	Kerucut intan 120 °	10	90	100	100	Hitam
E	Bola baja 3,175 mm (1/18")	10	90	100	130	Merah
F	Bola baja 1,558 mm	10	50	60	130	Merah
G	Bola baja 1,558 mm	10	140	150	130	Merah
H	Bola baja 3,175 mm	10	50	60	130	Merah
K	Bola baja 3,175 mm	10	140	150	130	Merah
L	Bola baja 6,35 mm (1/4")	10	50	60	130	Merah
M	Bola baja 6,35 mm	10	90	100	130	Merah
P	Bola baja 6,35 mm	10	140	150	130	Merah
R	Bola baja 12,7 mm (1/2")	10	50	60	130	Merah
S	Bola baja 12,7 mm	10	90	100	130	Merah
V	Bola baja 12,7 mm	10	140	150	130	Merah

Tabel 2.4 Standar kekerasan metode pengujian Rockwell

Lokasi titik pengujian pada mesin uji kekerasan sangat penting. Bila penekanan dilakukan terlalu dekat dengan bagian tepi dari benda uji maka harga kekerasan yang dilepas akan berkurang dari yang sebenarnya. Sedangkan jarak minimum antara satu penekanan yang lain minimal lima kali diameter penekanan. saat menentukan kekerasan dengan metode rockwell, nilai kekerasan dan symbol skala

yang digunakan harus ditunjukkan. Skala tersebut ditentukan oleh symbol HR yang dilanjutkan dengan identifikasi skala yang sesuai. Sebagai contoh, penulisan nilai kekerasan 80 HRB mewakili nilai kekerasan 80 pada skala B [22].